

CLIPPEDIMAGE= JP409258045A

PAT-NO: JP409258045A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09258045 A

TITLE: WAVEGUIDE TYPE OPTICAL PULSE MULTIPLEXING CIRCUIT

PUBN-DATE: October 3, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KITO, TSUTOMU

OKAMOTO, KATSUNARI

TAKARA, HIDEHIKO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP08066339

APPL-DATE: March 22, 1996

INT-CL (IPC): G02B006/122

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical pulse multiplexing circuit being an indispensable optical part for super-high speed optical transmission in optical communication system.

SOLUTION: This circuit is composed of an input optical waveguide 16 formed on a substrate, a channel waveguide group 20 connected to the respective output ends of a multi-mode interference type branching waveguide 18 whose input part is joined to the input optical waveguide 16, a multi-mode interference type branching waveguide 19 having an input end connected to each of the channel waveguide group 20 and an output optical waveguide 17 connected to the output

end of the multi-mode interference type branching waveguide  
19 and the length  
of the channel waveguides are different, respectively.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-258045

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 2 B 6/122

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/12

技術表示箇所

D

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-66339

(22) 出願日 平成8年(1996)3月22日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 鬼頭 勤

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 岡本 勝就

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 高良 秀彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

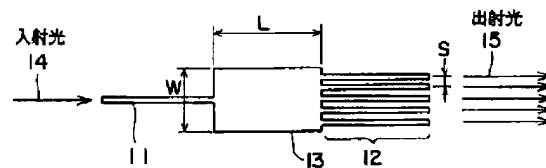
(54) 【発明の名称】 導波路型光パルス多重回路

(57) 【要約】

【課題】 光通信システムにおける超高速光電送に必須の光部品である光パルス多重回路を提供する。

【解決手段】 基板上に形成された入力光導波路16と、該入力光導波路16に輸入部が接合された多モード干渉形分岐導波路18の各出力端に接続されたチャンネル導波路群20と、該チャンネル導波路群20の各々に接続された入力端を有する多モード干渉形分岐導波路19と、該多モード干渉形分岐導波路19の出力端に接続された出力光導波路17とからなり、前記チャンネル導波路の長さがそれぞれ異なるものである。

多モード干渉形分岐回路の構成図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成された入力光導波路と、該入力光導波路に入力部が接合された多モード干渉形分岐導波路の各出力端に接続されたチャンネル導波路群と、該チャンネル導波路群の各々に接続された入力端を有する多モード干渉形分岐導波路と、該多モード干渉形分岐導波路の出力端に接続された出力光導波路とからなり、前記チャンネル導波路の長さがそれぞれ異なることを特徴とする導波路型光パルス多重回路。

【請求項2】 請求項1記載の導波路型光パルス多重回路において、前記チャンネル導波路群の一部又は全部に位相シフト及びゲートスイッチの一方又は両方を具備してなることを特徴とする導波路型光パルス多重回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信システムにおける超高速光電送に必須の光部品である光パルス多重回路に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光パルスを多重化するための回路としては、従来では図30に示す非対称マッハツェンダー干渉計構造のものが知られている。図30において、符号01は入力部、02は分岐部、03は非対称アーム部、04は合波部及び05は出力部を各々図示する。同図に示すように、入力部01から入射した入射光06の光パルス列は、分岐部02において二つの等しい振幅のパルス列に分けられる。そして非対称アーム部03の二本のアームを伝搬するパルスは光路長差によって遅延時間 $\Delta T$ だけ位相が遅れる。二つの位相の異なるパルス列は合波部04によって多重化され、出力部05から出射光07として出射される。

【0003】従来、合波部及び分岐部は図31に示すように二本の導波路08、09が近接して配置した部分を有する方向性結合器010によって構成されている。このとき等しい振幅のパルス列を得るためには、二本のアームの光路間の損失差を最小にする必要がある。すなわち、分岐・合波部で光パワーを等分配しなければならない。例えば、等分配からずれた場合の多重パルス列は、図32に示すように、等しい振幅にならない、という問題がある。従って、方向性結合器010の結合率は50%近傍に設定する必要がある。

【0004】図33に結合率(%)と光路間損失差(dB)との関係を示す。図33から、光路間損失差を0.5dB以内とするためには、結合率のずれを $\pm 1.5\%$ 以下に抑える必要がある。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、方向性結合器は $2\mu\text{m}$ 程度の間隙を設けて隣接させた二本の光導波路によって結合する構造のため、結合率のバラツキ

を抑えて製作することが困難である、という問題が従来の光パルス多重回路にはあった。

【0006】図34は、方向性結合器の光導波路間隔(S)と結合率(%)との関係を示す。図34では、導波路の非屈折率差 $\Delta=0.75\%$ 、コア寸法 $=7\times 7\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ とし、導波路間隔は隣接する導波路の中心間距離とした。

【0007】本発明は、上記従来技術に鑑み、製作性が良好な導波路型光パルス多重回路を提供することを課題とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決する本発明の第1の導波路型光パルス多重回路は、基板上に形成された入力光導波路と、該入力光導波路に入力部が接合された多モード干渉形分岐導波路の各出力端に接続されたチャンネル導波路群と、該チャンネル導波路群の各々に接続された入力端を有する多モード干渉形分岐導波路と、該多モード干渉形分岐導波路の出力端に接続された出力光導波路とからなり、前記チャンネル導波路の長さがそれぞれ異なることを特徴とするものである。すなわち、方向性結合器を多モード干渉形分岐導波路(N分岐)を使用することで、従来の多段の欠点が解消され、小型化が可能となる。

【0009】また、本発明の第2の導波路型光パルス多重回路は、前記導波路型光パルス多重回路において、前記チャンネル導波路群の一部又は全部に位相シフト及びゲートスイッチの一方又は両方を具備してなることを特徴とするものである。すなわち、方向性結合器を多モード干渉形分岐回路を使用すると共に位相シフトまたは光ゲートスイッチを用いることで、任意のパルスを選択して制御することが可能となる。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。

【0011】先ず、本発明の第1の導波路型光パルス多重回路の実施の形態を説明する。図1は本発明の実施の形態の多モード干渉計分岐回路の構成図である。図1中、符号11は入力光導波路、12は出力光導波路群、13は多モード導波路、14は入射光及び15は出射光を各々図示する。図1に示すように、入力光導波路11から入射された出射光14は多モード導波路13によりN等分(本実施の形態では5等分)に分岐され、各々出力光導波路群12の導波路により導波され出射光15として出射される。

【0012】また、図2は本発明の実施の形態のパルス多重回路の構成図である。図2中、符号16は入力光導波路、17は出力光導波路、18、19は多モード干渉計分岐導波路及び20は遅延導波路群を各々図示する。すなわち、本実施の形態では、光通信システムにおける超高速光電送に必須の光部品である光パルス多重回路

を、基板上に形成された入力光導波路16と、該入力光導波路16に入力部が接合された多モード干渉分岐導波路18の各出力端に接続されたチャンネル導波路群20と、該チャンネル導波路群20の各々に接続された入力端を有する多モード干渉分岐導波路19と、該多モード干渉分岐導波路19の出力端に接続された出力光導波路17としており、前記チャンネル導波路の長さをそれぞれ異なるようにしたものである。ここで、入射光14として入射したパルスは、多モード干渉分岐導波路18でN等分されて遅延導波路群20に分配される。N本の導波路を伝搬するパルスは光路長差に応じた遅延時間だけ位相が遅れる。その後、N個の位相の異なるパルス列は多モード干渉分岐導波路19によって多重化され、出力光導波路17から出射光15として出射される。

$$\Delta \tau = (m/N) \cdot i T$$

ここで、Tは基本パルス列の基本周期、mは任意の整数を示す。

【0017】遅延導波路20を伝搬した各パルスは、再び1×N多モード干渉分岐回路を用いて合波させることによって所望のパルス列が得られる。

【0018】前述の従来技術の欄で説明した構造と本発明の構造との相違によって、本発明のパルス多重回路は、以下①～③に示す特長を具備する。

① 従来のものでは多重を繰り返すことによって所望する多重度のパルス列を得るため、2の冪乗の多重度した実現することができないが、本発明の構成では1×N分岐・合波部によって任意の多重度が実現できる。

$$L = (1/N) \cdot (nW^2 / \lambda) \quad \dots (1)$$

ここで、Lは多モード導波路長、Wは多モード導波路幅、nは実効屈折率及びλは波長を表す。

【0022】また、終端で形成される複数のスポットは等間隔に並ぶ。すなわち、出力導波路間隔Sは、下記

$$S = W/N$$

【0024】図3～図5は伝搬法を用いて算出した多モード干渉分岐回路の構造パラメータW、L、Sと挿入損失との関係を示す。図3～図5において、光屈折率差Δを0.75%、波長を1.55μm、分岐数Nを5とした場合を示す。挿入損失は、いずれの構造パラメータに対しても2乗関数的に挿入損失が増加することがわかる。

【0025】具体的には、多モード干渉分岐回路の導波路間隔が1μmずれた場合、挿入損失は0.6dB程度増加する。

【0026】一方、従来技術の欄で説明した図34に示した「方向性結合器の導波路間隔と結合率との関係図」により、方向性結合器の導波路間隔が1μmずれた場合、結合率は30%以上変化する。この値は、チャンネル間の損失バラツキに換算すると3dBに相当する。従って、多モード干渉分岐回路は方向性結合器に較べて

\*【0013】本発明のパルス多重回路の基本構成は、従来のMZ干渉回路を多段に従属接続してパルス多重を繰り返す、所望の多重度のパルスを得ていた構成と全く異なるものである。すなわち、本発明の構成では、所望の多重度のパルス列を一括して実現している。

【0014】具体的には、基本パルス列に対してパルス列が必要な場合、1×N多モード干渉分岐回路によって基本パルスをN分配する。

【0015】次に、分岐回路によりパワーを等分配されたパルス列をN本の遅延導波路によって遅延させる。第i番目の遅延導波路の遅延量Δτは下記「数1」に示す(1)式によって与えられる。

【0016】

【数1】

※② 多重された個々のパルスを独立に変調できる。

③ パルス多重を一括して行うため、パルス間のパワーバラツキの累積がない。

【0019】次に、本発明の基本構成要素である多モード干渉分岐回路18、19について説明する。

【0020】ここで、多モード導波路20の長さを下記「数2」に示す式(2)によって与えたとき、多モード導波路へ入射した光波は自己結像の原理に基づき、終端で複数のスポットが形成され、各出力導波路へ入射する。

【0021】

【数2】

$$\dots (2)$$

30★「数3」に示す式(3)のようになる。

【0023】

【数3】

$$\dots (3)$$

☆製作許容偏差が大きいものとなる。

【0027】さらに、重要な点は導波路間隔Sが20μm以上であり、従来のパルス多重回路の基本構成要素である方向性結合器の間隔に比較して広いこと、極めて製作が容易である。従って、上述の本発明の構成上の特長に加え、基本構成要素自身についても、製作許容偏差が大きいこと、製作が容易であることという特長を有する。

【0028】次に、本発明の第2の実施の形態を説明する。

【0029】本実施の形態のパルス多重回路の構成は、分岐部及び合波部に方向性結合器に代えて多モード干渉計結合器を用いたことが最大の特長となる。

【0030】よって、構造上狭い間隔がないため方向性結合器に較べて製作が容易であるという利点を備えている。例えば、埋め込み型導波路の場合、クラッドによ

てコアを埋め込む際に、方向性結合器の狭い間隔にクラッド材を様に充填することはプロセス上、極めて困難であるが、本発明による構成であれば、その問題点を解消することができる。

【0031】図6は本実施の形態を示す多モード干渉計分岐回路の構成図である。図6中、符号21、22は入力光導波路、23、24は出力光導波路群、25は多モード導波路、26は入射光及び27は出射光を各々図示する。また、図7は本発明にかかる実施の形態のパルス\*

$$L = (2nW^2) / \lambda$$

ここで、Lは多モード導波路長、Wは多モード導波路幅、nは実効屈折率及びλは波長を表す。

【0034】更に、注目すべき点は多モード干渉形結合器によって3dB結合器を実現する上で入出力導波路の間隔に対する制約条件は存在しないことである。すなわち、従来の方向性結合器を用いて3dB結合器を実現する場合では、従来技術の欄で説明した図34に示すように、結合率は導波路間隔に大きく依存していた。従って、多モード干渉結合器を用いることによって、従来の問題であった導波路間隔に対する製作許容偏差が大きくなり、パルス多重回路の製作性が著しく向上すると考えられる。

【0035】次に、多モード干渉計結合器の構造パラメータに対する過剰損失、結合率の依存性を具体的に明らかにするため、ビーム伝搬法を用いてシュミレーションを行った。図8～図10はビーム伝搬法を用いて算出した多モード干渉計分岐回路の構造パラメータW、L、Sと挿入損失との関係を示す。図8は多モード導波路幅Wに対する依存性を示す。図9は多モード導波路長Lに対する依存性を示す。図10は入出力導波路間隔Sに対する依存性を示す。図8～図10においては、光屈折率差Δを0.75%、波長を1.55μmとした場合を示す。挿入損失は、いずれの構造パラメータに対しても最小値を持つと共に、最小値からの偏差に応じて2乗関数的に過剰損失増加することがわかる。

【0036】図11～図13は多モード干渉計分岐回路の構造パラメータW、L、Sと挿入損失との関係を示す。図11～図13においては、光屈折率差Δを0.75%、波長を1.55μmとした場合を示す。結合率が50%近傍において構造パラメータL及びWの変動に対して結合率が平坦な特性を有することがわかる。

【0037】また、導波路間隔Sに対する結合率の変動は殆ど存在しないことがわかる。具体的には、方向性結合器の結合率は図34から20%以上変動するのに対して、多モード干渉形結合器の結合率の変動は高々3%以内に留まっている。従って、多モード干渉形結合器を採用することにより、従来のパルス多重回路の結合率のパラッキを抑えて製作することが困難であるという問題を解決し、製作性を著しく向上することが可能となる。

【0038】

\* 多重回路の構成図である。図2中、符号28は入力光導波路、29は出力光導波路、30、31は多モード干渉計分岐導波路及び32は遅延導波路を各々図示する。

【0032】ここで、多モード導波路の長さを下記「数4」に示す式(4)によって与えたとき、多モード導波路へ入射した光波は自己結像の原理に基づき、終端で複数のスポットが形成され、各出力導波路へ入射する。

【0033】

【数4】

$$\dots (4)$$

※【実施例】以下本発明の好適な一実施例を図面を参照して説明する。なお、本発明の第1の実施の形態の好適な実施例を「実施例1」～「実施例6」として説明し、本発明の第2の実施の形態の好適な実施例を「実施例7」～「実施例11」として説明する。

【0039】(実施例1)図14は本発明の第1の実施の形態に係る光パルス多重回路の第1の実施例を示す構成図である。図14中、符号101は入力導波路、102は出力導波路、103、104は多モード干渉計分岐導波路、105a～105eは遅延導波路、105は遅延導波路群、106は入射光及び107は出射光を各々図示する。このような光パルス多重回路を作製する方法を以下に示す。先ず、Si基板の上に火炎堆積法によってSiO<sub>2</sub>下部クラッド層を堆積し、次に、TiO<sub>2</sub>またはGeO<sub>2</sub>をドーパントとして添加したSiO<sub>2</sub>ガラスのコア層を堆積した後に、電気炉で透明ガラス化した。次に、コア層をエッチングして所定の光導波路を形成し、最後にSiO<sub>2</sub>上部クラッド層を堆積した。作製した光導波路のコア寸法7×7μm、非屈折率差0.75%とした。さらに、多モード緩衝形分岐回路の幅W=100μm、長さL=2.0mm、出力導波路間隔S=21μmとした。

【0040】図15に実際に作製したパルス多重波形を示す。ここで横軸は光強度を示す。図15により、パルス間隔が一樣でかつパルス光強度の揃ったパルス列が得られることが判明した。この結果、製作方法が良好なパルス多重回路を実現することができた。

【0041】次に、他の実施例を説明するが、以下の実施例では、「実施例1」の構成と同一の部材においては同一符号を付してその説明は省略する。

【0042】(実施例2)図16は本発明に係る光パルス多重回路の第2の実施例を示す構成図である。本実施例では上記第1の実施例の光パルス多重回路において、遅延導波路群105の途中にゲートスイッチ108a～108eを各々挿入した構造としている。ここで、ゲートスイッチ108a～108eとしては、熱光学効果を利用した2×2光スイッチ、LiNbO<sub>3</sub>等の電気光学効果を利用した光学変調器、半導体電界吸収型光変調器、半導体レーザ増幅器等がある。この結果、ゲートスイッチ108a～108eをオン・オフすることにより

※50

任意のパルス多重波形を実現できる。

【0043】(実施例3) 図17は本発明に係る光パルス多重回路の第3の実施例を示す構成図である。本実施例では上記第1の実施例の光パルス多重回路において、その後段に分岐回路109と前段側のパルス多重回路と異なる回路を接続した構造としている。ここで、本実施例では前段側の多モード干渉計分岐導波路103a、104a間には遅延導波路群105Aが、後段側の多モード干渉計分岐導波路103b、104b間には遅延導波路群105Bが設けられている。この結果、複数の異な

った多重度の出力光パルスを得ることができる。

【0044】(実施例4) 図18は本発明に係る光パルス多重回路の第4の実施例を示す構成図である。本実施例では上記第1の実施例の光パルス多重回路の遅延導波路群105に利得調整部110a~110eとして可変減衰器を挿入した構造としている。この結果、遅延線の伝搬損失差に起因する出力光パルス強度を抑えることができる。

【0045】(実施例5) 図19は本発明に係る光パルス多重回路の第5の実施例を示す構成図である。本実施例では、上記第1の実施例の光パルス多重回路の遅延導波路群105に位相シフタ111a~111eを挿入した構造としている。ここで、入力導波路101から入射した光パルス列は多モード緩衝分岐回路103において分岐し、遅延導波路群105を用いて各ビットの時間位置を合わせる。次に多モード干渉計分岐回路104の出力端すなわち出力導波路102で特定のパタンのみ光電界強度を強め合う干渉を行うように、各ビット毎に位相シフタを用いてデコードする。合波器による干渉では予め設定したパタンのみ光強度を強め合い、出力波信号を閾値処理することにより入射パタンのパタンマッチング判定を行うことができる。また、位相シフタによるデコードパタンを変えることにより、回路のパタンを任意に設定することができる。

【0046】(実施例6) 図20は本発明に係る光パルス多重回路の第6の実施例を示す構成図である。本実施例では上記第1の実施例の光パルス多重回路の遅延導波路群105に利得調整部として半導体光増幅素子112a~112eを挿入した構造としている。この結果、遅延線の伝搬損失差に起因する出力光パルス強度バラツキを抑えると共に回路の挿入損失を補償することができる。また、本実施例では半導体光増幅素子を採用した利得調整部について説明したが、他の光増幅手段、例えば、導波路の一部にErを添加した光増幅領域を設けることによっても同等の効果が得られる。

【0047】(実施例7) 図21は本発明の第2の実施の形態に係る光パルス多重回路の第7の実施例を示す構成図である。本実施例ではパルス多重回路を縦列に多段接続したものである。図21中、符号201は入力導波路、202は出力導波路、203a~203eは多モー

ド干渉計分岐導波路、204a~204cは非対称アーム部及び205は入射光及び206は出射光を各々図示する。このような光パルス多重回路を作製する方法を以下に示す。まず、Si基板上に火炎堆積法によってSiO<sub>2</sub>下部クラッド層を堆積し、次に、TiO<sub>2</sub>またはGeO<sub>2</sub>をドーパントとして添加したSiO<sub>2</sub>ガラスのコア層を堆積した後に、電気炉で透明ガラス化した。次に、コア層をエッチングして所定の光導波路を形成し、最後にSiO<sub>2</sub>上部クラッド層を堆積した。作製した光導波路のコア寸法7×7μm、非屈折率差0.75%とした。

【0048】図22~24に実際に作製した多モード干渉結合器の結合率特性を示す。多モード干渉計結合器を50%結合率とするための最適な多モード導波路の幅W=26.5μm、長さL=1.5mm、出力導波路間隔S=18μmである。また、多モード干渉計結合器の構造パラメータに対する結合率のトレランスが大きいことがわかる。この結果、製作性が良好なパルス多重回路を実現できた。

【0049】図25はパルス遅延特性を示す。横軸は遅延時間、縦軸は光強度を示す。図25より、パルス強度のバラツキが小さく、等間隔にパルスが多重されている様子がわかる。

【0050】次に、他の実施例を説明するが、以下の実施例では、「実施例7」の構成と同一の部材においては同一符号を付してその説明は省略する。

【0051】(実施例8) 図26は本発明に係る光パルス多重回路の第8の実施例を示す構成図である。本実施例の光パルス多重回路では、前段と後段とに同様な構成のパルス多重回路を設けなるものである。ここで、後段の多モード干渉計分岐導波路203c、203d、非対称アーム部204bからなる多モード干渉形結合器において、その二本の入力光導波路の内の一本の導波路201bを、前段の多モード干渉計分岐導波路203a、203b、非対称アーム部204aからなるパルス多重回路の出力導波路に接続せず、入力部としている。また、前段の多モード干渉形結合器の二本の出力光導波路の一本を後段のパルス多重回路に接続せず、該光導波路を出力導波路202aとした構成である。この結果、複数の異なった入力光パルスの多重化および異なった多重度の出力光パルスを得ることができる。

【0052】(実施例9) 図27は本発明に係る光パルス多重回路の第9の実施例を示す構成図である。本実施例では実施例7の最終段のパルス多重回路の出力部に分岐回路207a、207bを接続した構成である。この結果、等しい多重度のパタン列を複数得ることができる。

【0053】(実施例10) 図28は本発明に係る光パルス多重回路の第10の実施例を示す構成図である。本実施例では第7の実施例のパルス多重回路の遅延導波路

群に可変減衰器208a, 208b, 208cを接続した構成である。この結果、遅延線の伝搬損失差に起因する出力光パルス強度バラツキを抑えることができる。

【0054】(実施例11)図29は本発明に係る光パルス多重回路の第11の実施例を示す構成図である。本実施例ではパルス多重回路の遅延導波路の一方に位相シフタ209a, 209b, 209cを挿入した構成である。入力導波路201から入射した光パルスは三段のパルス多重回路の位相シフタ209a, 209b, 209cを用いてパルス毎にエンコードされた八多重パルス列が得られる。あるいは、エンコードされた光パルス列を位相シフタを用いてデコードすることも可能である。すなわち、位相シフタで予め設定したボタンにみ光強度を強め合い、出力波信号を閾値処理することにより入力ボタンのボタンマッチング判定を行うことができる。また、位相シフタによるデコードボタンを変えることにより、回路のボタンを任意に設定することができる。

【0055】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明によれば、分岐、合波部の両方を多モード干渉形分岐回路で構成したことにより作製性が良好で作製誤差の影響がなくかつ任意の多重度のパルス列が得られる導波路型光パルス多重回路を提供することができる。

【0056】また、分岐、合波部の一方または両方を多モード干渉形結合器で構成したことによって作製トレランスを緩和できるため、製作性が良好な導波路型光パルス多重回路を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の多モード干渉計分岐回路の構成図。

【図2】本発明の光パルス多重回路の構成図。

【図3】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータWと挿入損失の関係図。

【図4】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータLと挿入損失の関係図。

【図5】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータSと挿入損失の関係図。

【図6】本発明の多モード干渉計分岐回路の構成図。

【図7】本発明の光パルス多重回路の構成図。

【図8】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータWと挿入損失の関係図。

【図9】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータLと挿入損失の関係図。

【図10】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータSと挿入損失の関係図。

【図11】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータWと挿入損失の関係図。

【図12】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータLと挿入損失の関係図。

【図13】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラ

メータSと挿入損失の関係図。

【図14】本発明の実施例1の光パルス多重回路の構成図。

【図15】本発明の実施例1の光パルス多重波形図。

【図16】本発明の実施例2の光パルス多重回路の構成図。

【図17】本発明の実施例3の光パルス多重回路の構成図。

【図18】本発明の実施例4の光パルス多重回路の構成図。

【図19】本発明の実施例5の光パルス多重回路の構成図。

【図20】本発明の実施例6の光パルス多重回路の構成図。

【図21】本発明の実施例7の光パルス多重回路の構成図。

【図22】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータWと挿入損失の関係図。

【図23】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータLと挿入損失の関係図。

【図24】本発明の多モード干渉形分岐回路の構造パラメータSと挿入損失の関係図。

【図25】光パルス遅延特性図。

【図26】本発明の実施例8の光パルス多重回路の構成図。

【図27】本発明の実施例9の光パルス多重回路の構成図。

【図28】本発明の実施例10の光パルス多重回路の構成図。

【図29】本発明の実施例11の光パルス多重回路の構成図。

【図30】従来技術の非対称マッハツェンダー干渉計構造光パルス多重回路の構成図。

【図31】従来技術の方向性結合器の構成図。

【図32】分岐・合波部が等分配からずれた場合の多重パルス列のを示す図。

【図33】結合率と光路間損失差との関係図。

【図34】方向性結合器の導波路間隔と結合率との関係図。

【符号の説明】

11 入力光導波路

12 出力光導波路群

13 多モード導波路

14 入射光

15 出射光

21, 22 入力光導波路

23, 24 出力光導波路群

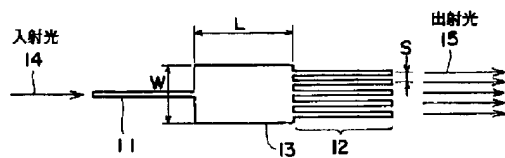
25 多モード導波路

26 入射光

27 出射光

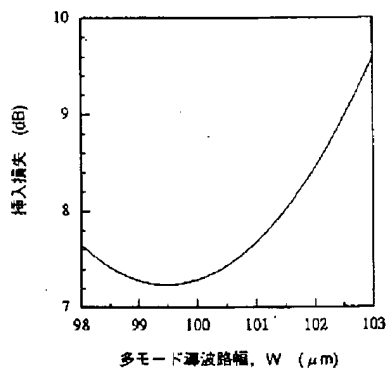
【図1】

多モード干渉形分岐回路の構成図



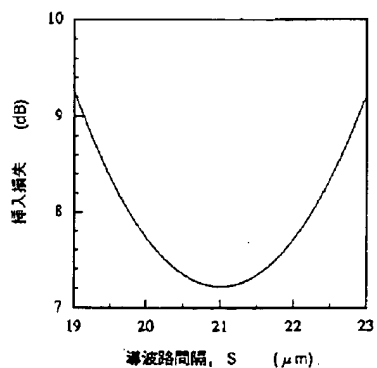
【図3】

多モード干渉分岐回路の構造パラメータWと挿入損失の関係



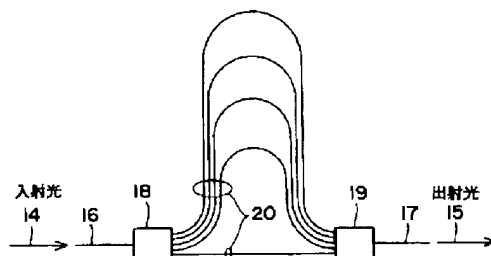
【図5】

多モード干渉分岐回路の構造パラメータSと挿入損失の関係



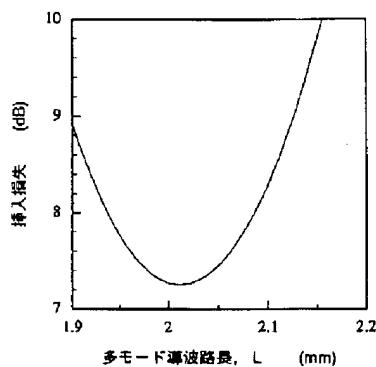
【図2】

本発明の光パルス多重回路の構成図



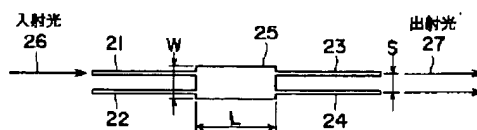
【図4】

多モード干渉分岐回路の構造パラメータLと挿入損失の関係



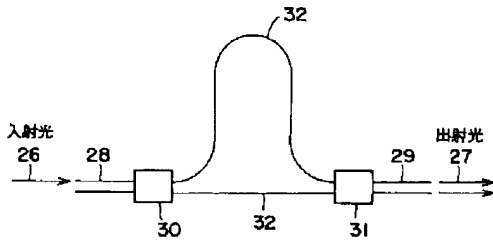
【図6】

多モード干渉形結合器の構成図



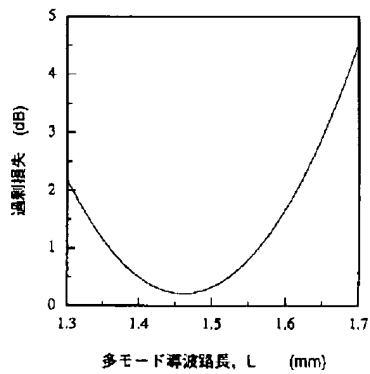
【図7】

本発明の光パルス多重回路の構成図



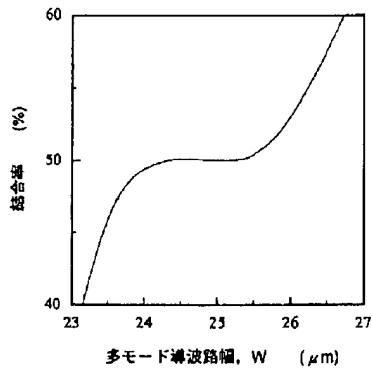
【図9】

多モード干渉形結合器の構造パラメータLと過剰損失の関係



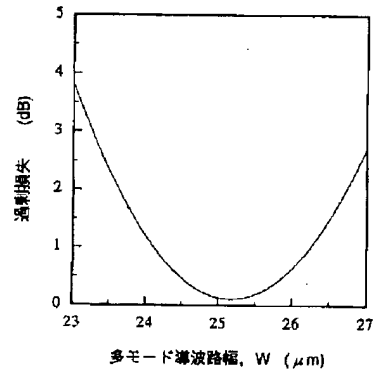
【図11】

多モード干渉形結合器の構造パラメータWと結合率の関係



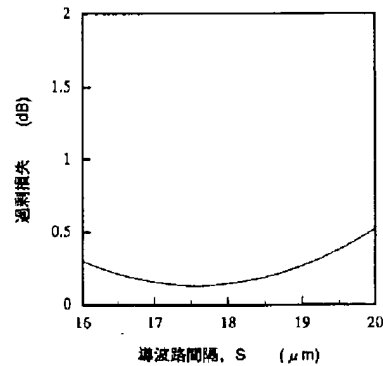
【図8】

多モード干渉形結合器の構造パラメータWと過剰損失の関係



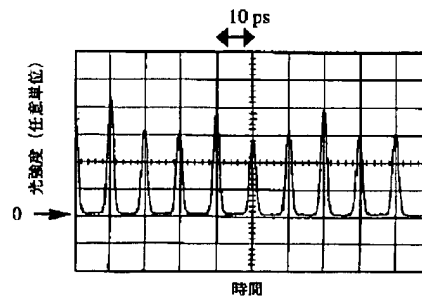
【図10】

多モード干渉形結合器の構造パラメータSと過剰損失の関係



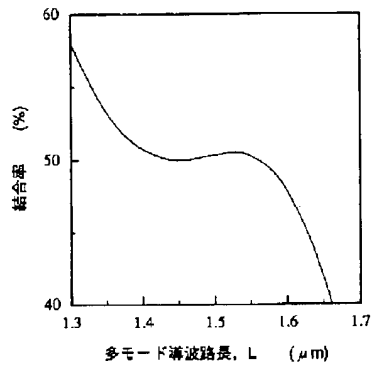
【図15】

パルス多重波形



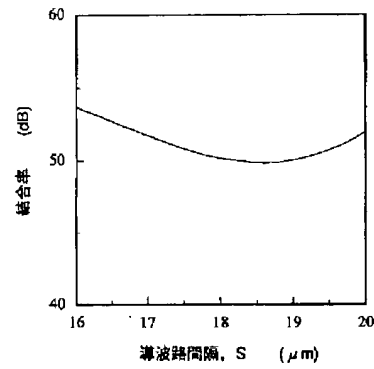
【図12】

多モード干渉形結合器の構造パラメータLと結合率の関係



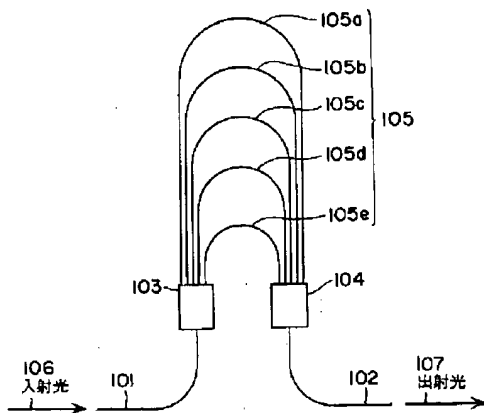
【図13】

多モード干渉形結合器の構造パラメータSと結合率の関係



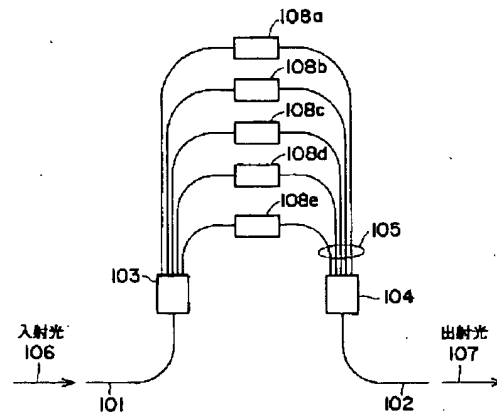
【図14】

本発明の第1の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



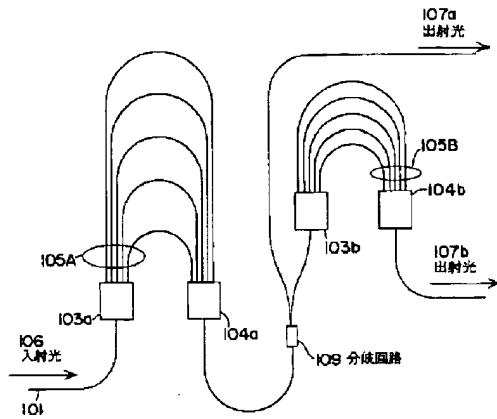
【図16】

本発明の第2の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



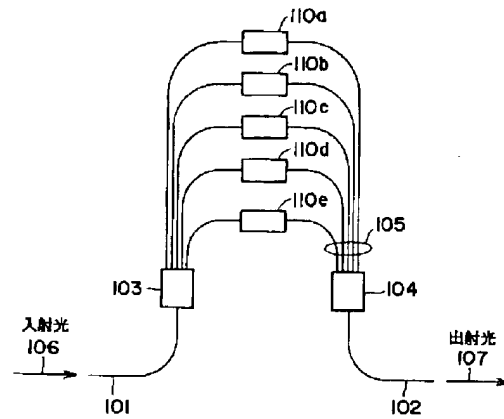
【図17】

本発明の第3の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



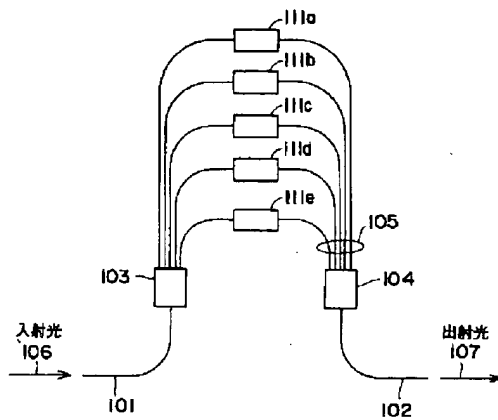
【図18】

本発明の第4の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



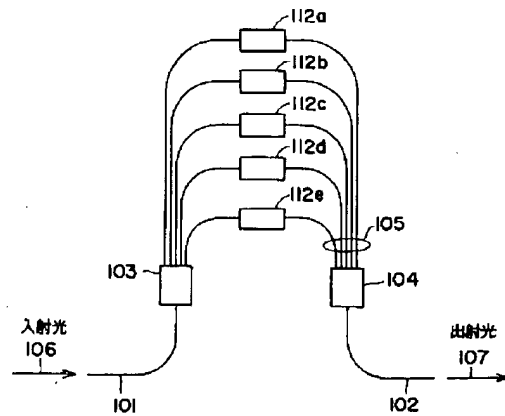
【図19】

本発明の第5の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



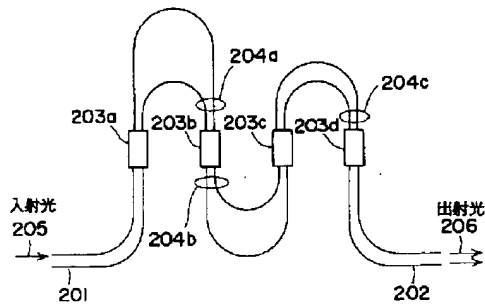
【図20】

本発明の第6の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



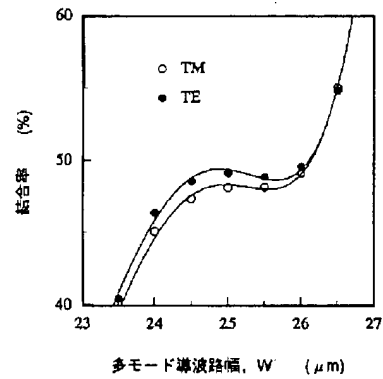
【図21】

本発明の第7の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



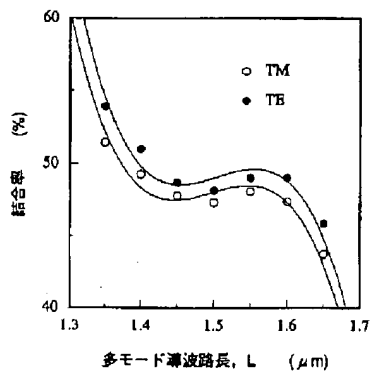
【図22】

多モード干渉形結合器の構造パラメータWと結合率の関係



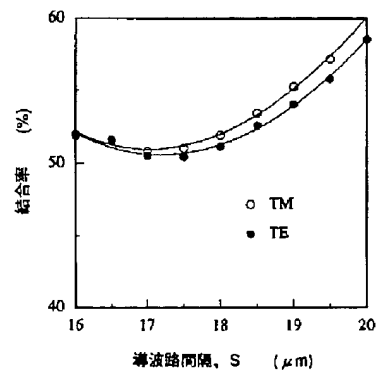
【図23】

多モード干渉形結合器の構造パラメータLと結合率の関係



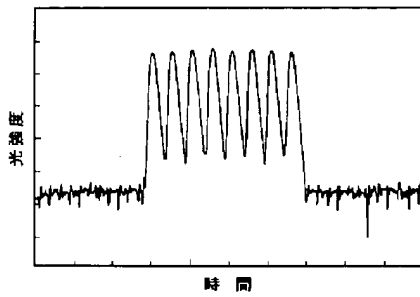
【図24】

多モード干渉形結合器の構造パラメータSと結合率の関係



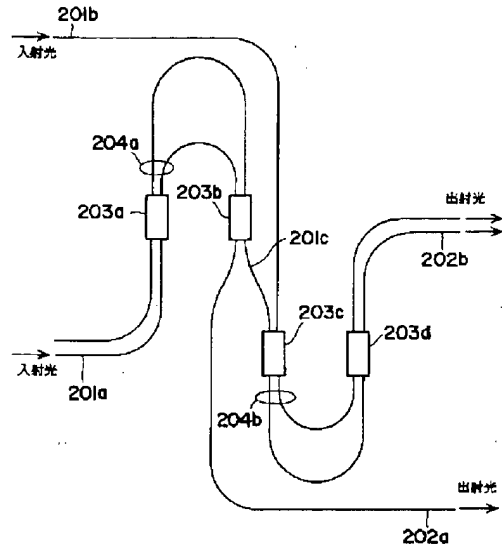
【図25】

パルス遅延特性



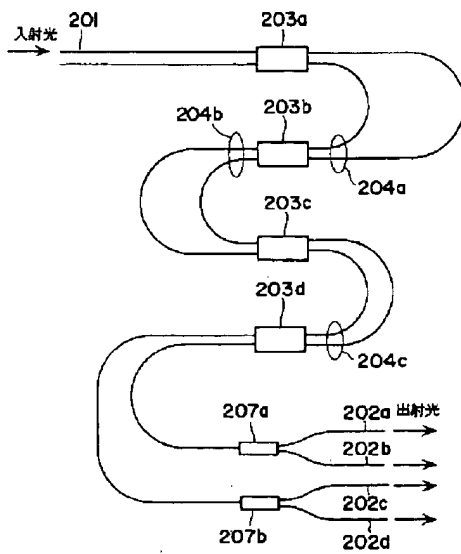
【図26】

本発明の第8の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



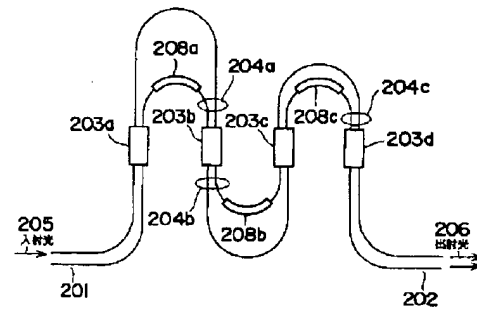
【図27】

本発明の第9の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



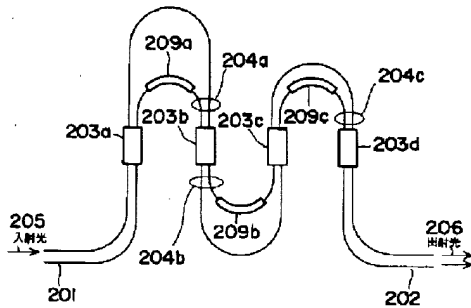
【図28】

本発明の第10の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



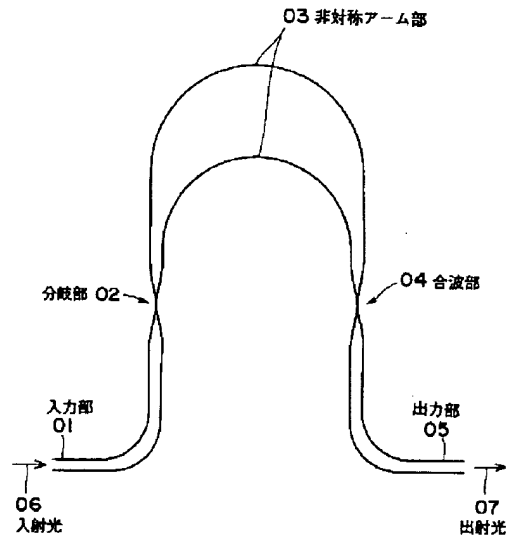
【図29】

本発明の第11の実施例に係る光パルス多重回路の構成図



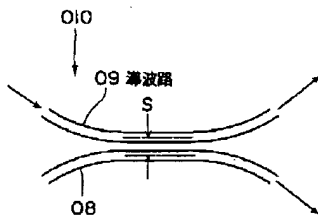
【図30】

従来の非対称マッハツェンダー干渉計構造光パルス多重回路構成図



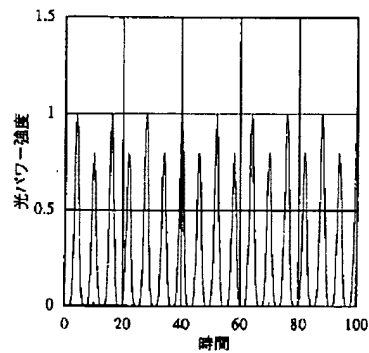
【図31】

方向性結合器の構成図



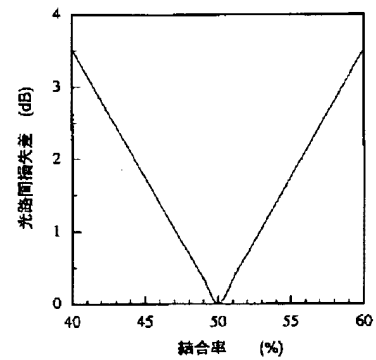
【図32】

分枝・合波部が等分配からずれた場合の多重パルス列の例



【図33】

結合率と光路間損失差の関係



【図34】

方向性結合器の導波路間隔と結合率の関係

